二化螟水稻种群与茭白种群光周期反应的比较

肖海军，薛芳森*，刘仰青，朱杏芬

（江西农业大学昆虫研究所，南昌 330045）

摘要：本文报道了用水稻和茭白分别饲养二化螟水稻种群和茭白种群的光周期反应。光周期反应曲线显示，用水稻饲养茭白种群或用茭白饲养水稻种群，无论是在短光照还是在长光照条件下，绝大多数幼虫被诱导进入滞育，丧失了各自原有的光周期反应特性，表明这两个种群已分化到仅适应其本身寄主的程度。用水稻饲养的茭白种群仅有5%～6%的个体化蛹，且其幼虫期较用茭白饲养的延长了15～18天；而用茭白饲养的水稻种群有30%～40%的个体化蛹，其幼虫期与水稻饲养的仅相差3～8天。茭白种群用水稻饲养时32日龄幼虫体重仅为茭白饲养的53.1%，而水稻种群用水稻饲养时32日龄幼虫体重为茭白饲养的79.5%。这些结果表明，茭白种群不适应取食水稻，而水稻种群对取食茭白则有一定的适应能力。根据这些结果，我们认为：(1)这两个种群已出现种下分化的迹象；(2)茭白种植不会对水稻田二化螟的发生产生大的影响。

关键词：二化螟；寄主；水稻；茭白；光周期反应；滞育

中图分类号：Q968 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2005)05-0749-05

Comparison of photoperiodic response between rice- and water-oat-populations of *Chilo suppressalis* (Walker)

XIAO Hai-Jun, XUE Fang-Sen*, LIU Yang-Qing, ZHU Xing-Fen (Institute of Entomology, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: Photoperiodic responses of diapause induction in the striped stem borers, *Chilo suppressalis*, collected from both rice field (rice-population) and water-oat field (water-oat-population) were investigated, with the two populations fed on rice and water-oat, respectively. The photoperiodic response curves showed that most of larvae entered diapause regardless of photoperiod length when the rice-population was fed on water-oat or the water-oat-population was fed on rice. This indicated that the two populations have evolved to adapt to their corresponding hosts. Only 5% – 6% water-oat-population pupated when larvae fed on rice and larval duration was 15 – 18 days longer than that fed on water-oat; whereas 30% – 40% rice-population fed on water-oat pupated and the larval duration was only 3-8 days shorter than that fed on rice. When the water-oat-population was fed on rice and water-oat, respectively, the weight of larvae (32 days old) fed on rice was equal to 53.1% of the larvae fed on water-oat; whereas when the rice-population was fed on rice and water-oat, respectively, the weight of larvae fed on rice was equal to 79.5% of the larvae fed on water-oat. These results indicated that water-oat-population had little adaptability to rice, whereas the rice-population had some adaptability to water-oat. This suggests that the intra-species differentiation has appeared between the two populations and planting of water-oat should be no significant influence on the incidence of striped stem borers in rice field.

Key words: *Chilo suppressalis*; host-plant; rice; water-oat; photoperiodic response; diapause

长期以来，茭白一直被认为是二化螟 *Chilo suppressalis*(Walker)最喜好的寄主，用茭白饲养的二化螟，幼虫发育历期缩短，蛹重增加，成虫个体大(Yokoyama *et al*., 1972；孟凤霞等，2003)。然而，近年来的研究表明，二化螟水稻种群和茭白种群在行为、生理生态特性上存在较大差别。日本学者(Konno and Tanaka，1996a)发现这两个种群在交配时间上存在明显差异，前者比后者推迟了5 h；同时发

基金项目：江西省农业攻关重点项目(2003IB0200500)

作者简介：肖海军，男，1980年生，江西万安县人，硕士生，研究方向为昆虫滞育生理生态，E-mail：haijun.x@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence，E-mail：fangsen@public.nc.jx.cn

收稿日期 Received：2004-12-14；接受日期 Accepted：2005-07-13

现这两个种群幼虫对杀虫剂的敏感性也存在较大差别(Konno and Tanaka,1996b)。随后,我国学者对这两个种群的二化螟也进行了相关研究。俞晓平等(2002)用水稻田二化螟与茭白田二化螟交叉繁殖,揭示了这两种群之间存在着部分生殖隔离。孙丽娟等(2002)进一步证实了这两个种群的交配节律存在明显差异,水稻种群成虫的交配高峰出现在熄灯后4.5 h,茭白种群则出现在熄灯后7~7.5 h。戴华国等(2003)报道了二化螟水稻种群和茭白种群成虫产卵和幼虫寄主选择行为存在差异,并认为这两个种群已出现了种下分化的现象。日本学者(Yoshitake,1994)曾报道,二化螟茭白种群不会为害水稻。

茭白与水稻间作是长江中下游稻区常见的一种种植方式,由于种植茭白的经济效益高于水稻,茭白在水稻区的种植面积在逐渐扩大。因此,探明二化螟水稻种群和茭白种群是否会相互转移为害,茭白的种植对水稻田二化螟的发生是否有影响,是目前植保工作人员关注的焦点之一,也是科研工作者应该解决的问题。

昆虫对光周期的反应是种的特性,可用于检验不同地理种群和不同生态栖境种群的生理生态差异。本研究的江西二化螟水稻种群是长日照型,兼性滞育的昆虫,在江西每年发生2~4代,以老熟幼虫越冬,诱导滞育的临界光周期为13 h 22 min(沈荣武和薛芳森,1988)。采自北京茭白田的二化螟亦是长日照型,兼性滞育的昆虫,诱导滞育的临界光周期为14 h 30 min(张珺,2004)。本文对采自江西水稻田的二化螟和北京茭白田的二化螟的光周期反应进行了较系统的研究,并对其相关的个体发育生物学特性进行了比较。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

二化螟水稻种群采自江西省南昌市郊区水稻田的末龄幼虫,于室内28℃,L15:D9光周期下饲养至幼虫化蛹。每日定时收集羽化的成虫,置于放有水稻苗的养虫笼(50 cm×50 cm×50 cm)内交配与产卵,隔天收集卵块。二化螟茭白种群由中国农业科学院植物保护研究所提供,系2002年7月从北京市郊区茭白田采集的幼虫于室内用茭白饲养、繁殖的后代。

1.2 实验方法

1.2.1 二化螟水稻种群与茭白种群的光周期反应:在不同温度条件下设7个光周期(L10:D14~L16:D8)处理,每处理接1~2个卵块(约100粒卵),每处理两盒。二化螟卵块发育至黑头期时,接入孕穗期的新鲜水稻(品种为两优培特)或茭白 *Zizania caduciflora*(南昌市农家品种)茎秆内,带卵茎秆放入养虫盒(d≈16 cm,h≈10 cm)中孵化,幼虫孵出即置于相应的温度与光周期条件下处理,隔天更换食料,直至幼虫被诱导进入滞育。并详细记载在恒温28℃、不同长光照条件下,二化螟水稻种群和茭白种群分别取食水稻和茭白的幼虫从孵化到化蛹的天数。

实验在室内自然条件和光照培养箱(LRH-250-G型)中进行。自然条件的温度用周记温度计记录,延长光照采用40瓦日光灯,光照强度约为700 lx。光照培养箱中的光照强度为700~1 000 lx。箱内的温度变化幅度为0.5℃。暗期处理采用人工方法进行。

1.2.2 用水稻饲养的二化螟茭白种群滞育的解除:将在31℃、不同的光周期条件下用水稻饲养的二化螟茭白种群滞育幼虫(32日龄)转入25℃,L15:D9光周期下解除滞育。观察滞育幼虫的化蛹情况,前期幼虫每隔3天检查一次,始见化蛹起,即隔天进行检查,记载化蛹数。

1.2.3 二化螟水稻种群和茭白种群幼虫鲜重和蛹重的比较:采用随机取样法,分别对28℃、长光照条件下二化螟水稻种群和茭白种群分别取食水稻和茭白的32日龄的幼虫称重,幼虫化蛹后第2天称蛹重,幼虫和蛹各称取50头。

1.3 滞育判断

滞育的判断以是否化蛹为标志,依照弓惠芬等(1984)在玉米螟实验中所用的方法,当同期孵化的个体有羽化后,尚未进入预蛹的幼虫则判断为滞育个体。

1.4 数据处理

采用DPS2000软件对个体发育的生物学差异进行单因素随机统计分析,用Duncan's法进行多重比较,显著水平 $P=0.05$ 或 $P=0.01$。

2 结果与分析

2.1 二化螟水稻种群和茭白种群的光周期反应

2003年在日平均气温26.5℃的自然条件下和恒温31℃条件下,我们测试二化螟水稻种群用茭白饲养时的光周期反应。从图1可以看出,无论是在

长日照条件下还是在短日照条件下，绝大多数幼虫被诱导进入滞育（>60%）；特别是在31℃，长日照（>13 h）条件下几乎全部进入滞育，而在短日照下则有15%～35%的个体继续发育，呈现夏季滞育现象。

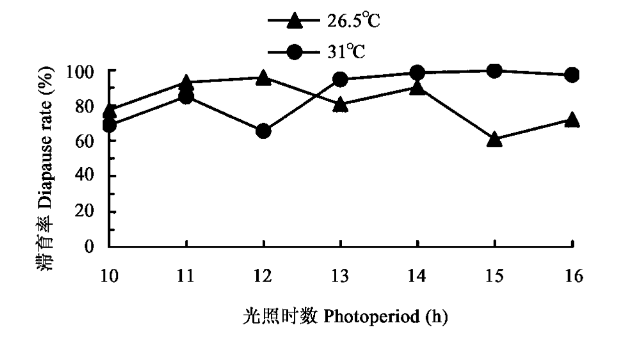


图1　在日平均温度26.5℃与恒温31℃下二化螟水稻种群取食茭白时的光周期反应（n = 58～263）

Fig. 1　Photoperiodic response curves in the rice-population of *Chilo suppressalis* feeding on water-oat at daily mean temperature of 26.5℃ and constant 31℃（n = 58－263）

为此，2004年我们测试二化螟水稻种群和茭白种群分别用水稻或茭白饲养时的光周期反应，结果见图2和图3。从图2可以看出，在28℃条件下，用水稻饲养的二化螟水稻种群的光周期反应显示了典型的长日照反应型，当光照时间<13 h时诱导了100%个体进入滞育，≥14 h时全部个体都继续发育，临界光周期约为13 h 25 min；而用茭白饲养的二化螟水稻种群，在长光照下滞育率均超过60%，短光照下也还有部分个体继续发育。

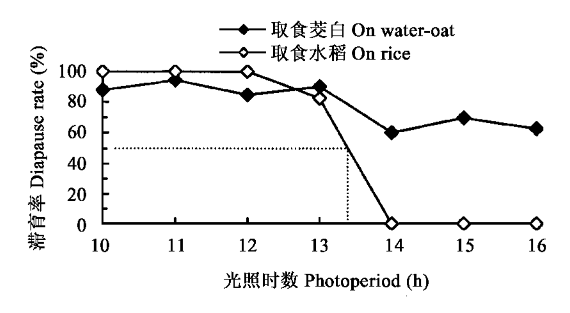


图2　在28℃下二化螟水稻种群分别取食水稻和茭白时的光周期反应（n = 90～177）

Fig. 2　Photoperiodic response curves in the rice-population of *C*. *suppressalis* feeding on rice or water-oat, at 28℃（n = 90－177）

图3显示了二化螟茭白种群在28℃和31℃下分别用水稻和茭白饲养时的光周期反应。用茭白饲养的二化螟茭白种群在两种温度条件下的临界光周期基本一致，分别为14 h 30 min与14 h 25 min。在28℃下，用茭白饲养的二化螟茭白种群在≤14 h的光照下诱导了100%的个体滞育，≥15 h的长光照则导致了所有的个体发育；而用水稻饲养的二化螟茭白种群，在15和16 h的长光照下只有5%～6%幼虫化蛹，绝大部分滞育。在31℃下，用茭白饲养的二化螟茭白种群在10 h与11 h的短光照下有33%左右的个体继续发育，相反在16 h下却有50%以上的个体被诱导进入滞育，只有15 h的长光照诱导了100%的个体发育；而用水稻饲养的二化螟茭白种群，在15 h和16 h长光照下几乎全部个体进入滞育，相反在短光照条件下有少数幼虫化蛹，亦呈现夏季滞育现象。

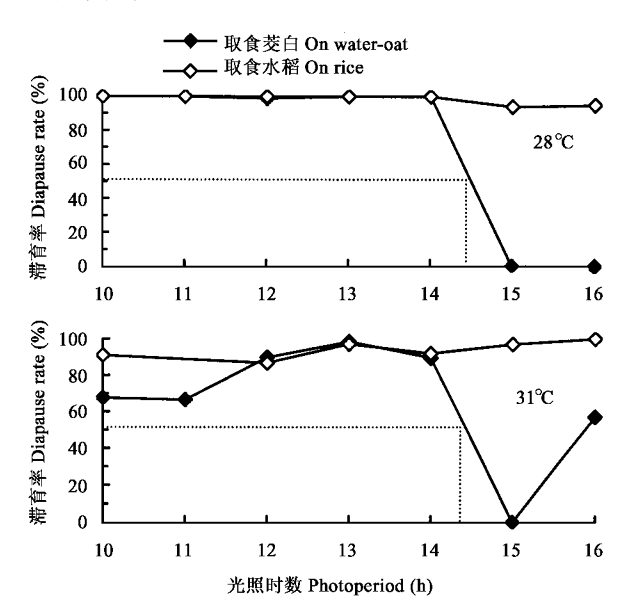


图3　在28℃和31℃下二化螟茭白种群分别取食水稻和茭白的光周期反应（n = 33～193）

Fig. 3　Photoperiodic response curves in the water-oat-population of *C*. *suppressalis* feeding on rice or water-oat at 28℃ and 31℃（n = 33－193）

2.2　用水稻饲养的二化螟茭白种群滞育的解除

如图3所示，在31℃高温，不同的光照条件下，用水稻饲养的二化螟茭白种群绝大多数幼虫被诱导进入滞育，特别在长光照条件下，几乎全部个体进入滞育。为了探明这些幼虫的滞育能否解除，我们将不同光周期下诱导的32日龄的滞育幼虫转到恒温25℃、光周期L15∶D9下饲养，观察其化蛹情况（见表1）。结果表明，不管是长光照还是短光照诱导的滞育个体，处理30天后，仅有22.1%～38.5%能够化蛹，其余的个体死亡。因此，用水稻饲养茭白种群，不仅影响茭白种群的滞育发生，而且影响其滞育的解除。

表 1 用水稻饲养的二化螟茭白种群在 31℃、不同光周期下诱导滞育后再转至 25℃，L15∶D9 下幼虫滞育的解除

Table 1 Larval diapause termination in the water-oat-population of *C*. *suppressalis* at 25℃ and L15∶D9，after they fed on rice plant under diapause-inducing conditions

诱导滞育的条件 Diapause-inducing condition	供试虫数 Number of larvae tested	30 天后化蛹数 Number of pupation after 30 days	化蛹率 Pupation rate（%）
31℃，L10∶D14	30	8	26.7
31℃，L12∶D12	39	15	38.5
31℃，L13∶D11	100	28	28.0
31℃，L14∶D10	89	23	25.8
31℃，L15∶D9	130	45	34.6
31℃，L16∶D8	190	42	22.1

2.3 二化螟水稻种群和茭白种群幼虫发育历期的比较

在恒温 28℃下，测试了长光照下二化螟水稻种群和茭白种群分别取食水稻和茭白的幼虫发育历期（从幼虫孵化到化蛹的天数）。从表 2 可以看出，在光周期 L15∶D9 和 L16∶D8 下，取食水稻的二化螟茭白种群幼虫期比取食茭白的延长了 15～18 天，二者差异显著（$P<0.05$）；而在相同的光周期下，取食水稻的二化螟水稻种群幼虫期较取食茭白的仅延长了 3～6 天，二者差异不显著。

2.4 二化螟水稻种群和茭白种群幼虫体重和蛹重的比较

表 2 在 28℃、不同的光周期下取食不同食物的二化螟水稻种群和茭白种群幼虫的历期（d）

Table 2 Larval durations of the rice- and water-oat-populations of *C*. *suppressalis* feeding on different plants at 28℃ and different photoperiods（d）

二化螟 *C*. *suppressalis*	食用植物 Food plant	光周期 Photoperiod L14∶D10	L15∶D9	L16∶D8
茭白种群 Water-oat-population	水稻 Rice	–	44.0±3.8 a（4）	43.7±2.5 a（3）
	茭白 Water-oat	–	25.8±3.4 d（62）	28.7±3.3 d（109）
水稻种群 Rice-population	水稻 Rice	37.8±6.0 a（61）	38.2±8.8 b（50）	40.0±9.1 b（53）
	茭白 Water-oat	29.0±8.7 b（70）	34.9±10.6 bc（40）	33.6±11.6 bc（45）

表中数据为平均值±标准误，同列数据后的不同字母表示差异显著（$P<0.05$），“–”没有检测，表 3 同。括号中数值为观察虫数。Data in the table are mean ± *SE*，the means followed by different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$，“–”means not tested，and the same for table 3. The data in the bracket are number of larvae tested.

表 3 28℃下取食不同食物时二化螟水稻种群和茭白种群的幼虫鲜重和蛹重的比较

Table 3 Comparison of larval and pupal weights between rice- and water-oat-populations of *C*. *suppressalis* feeding on different plants at 28℃

二化螟 *C*. *suppressalis*	食用植物 Food plant	老熟幼虫 Mature larvae（mg）	蛹 Pupae（mg） ♀	♂
茭白种群 Water-oat-population	茭白 Water-oat	93.5±10.0 A	70.6±9.5 A	52.3±7.4 A
	水稻 Rice	49.6±12.4 D	–	–
水稻种群 Rice-population	茭白 Water-oat	73.8±13.1 B	57.7±7.9 B	43.4±4.3 B
	水稻 Rice	58.7±7.7 C	46.8±6.5 C	38.1±3.5 C

同列数据后不同字母表示差异显著（$P<0.01$，$n=50$）。The data in the same column followed by different letters indicate significant difference（$P<0.01$，$n=50$）.

从表 3 可以看出，无论是二化螟水稻种群还是茭白种群，取食茭白时的老熟幼虫和蛹均比取食水稻时重得多，且二者间差异极显著（$P<0.01$）。然而，用水稻喂养的茭白种群幼虫的体重仅为茭白喂养的 53.1%；而用水稻喂养的二化螟水稻种群幼虫的体重为茭白喂养的 79.5%，两者之间存在极显著差异，表明这两个种群对不同寄主的适应性存在较大差别。

3 讨论

植食性昆虫取食不同的寄主植物，滞育的发生率受到影响已在一些昆虫中有报道（Tauber *et al*.，1986；Danks，1987；Sanuders，2002），但研究结果均表明，光周期和温度在这些昆虫滞育的诱导中仍然起主要作用，食料种类仅仅是改变了滞育的发生比率，例如，马铃薯甲虫 *Leptinotarsa decemlineata*（Hare，1983）、卷蛾 *Choristoneura rosaceana*（Hunter and McNeil，1997）和大猿叶甲虫 *Colaphellus bowringi*（王小平等，2004）；或稍微改变了滞育诱导的临界光周期，例如瓜瓢虫 *Epilachna chrysomelina*（Ali and EI-Sacady，1981）；或改变了感应光周期的敏感期，例如家蚕 *Bombyx mori*，用普通桑叶饲养时，滞育诱导的敏感期出现在上一代卵期，而用人工饲料饲养时，第 3～4 龄幼虫对光周期最敏感（Takamyia，1974）。在本实验中，用茭白饲养的二化螟水稻种群或用水稻饲养的茭白种群均丧失了它们原有光周期反应特点，无论是在长光照条件下还是在短光照条件下，绝

大多数幼虫不能正常化蛹而进入滞育状态，这种现象可能是目前国内外的第一例报道。本项研究表明，二化螟水稻种群与茭白种群已表现出适应其原寄主的特性，特别是二化螟茭白种群的这种适应性更为明显。用水稻饲养的二化螟茭白种群在长光照 L15∶D9 和 L16∶D8 条件下，仅有 5% ~ 6% 的个体能够化蛹（图 3），且这些化蛹个体的幼虫期比茭白饲养的延长了 15 ~ 18 天（表 2）；用水稻饲养的茭白种群 32 日龄幼虫的体重仅为茭白饲养的 53.1%（见表 3）。与二化螟茭白种群比较，水稻种群则显示了对茭白的一定适应性，在 28℃，长光照 L14∶D10、L15∶D9 和 L16∶D8 的条件下，水稻种群用茭白饲养时有 30% ~ 40% 的个体化蛹（图 2），其幼虫期与水稻饲养的仅相差 3 ~ 8 天（表 2）；32 日龄的幼虫体重为茭白饲养的 79.5%（见表 3）。这些差异表明，茭白种群对原寄主的适应性比水稻种群更强。据此推测，二化螟水稻种群可能起源于茭白田。戴华国等（2003）对二化螟水稻种群和茭白种群成虫产卵与幼虫寄主选择行为的比较研究亦表明，茭白种群对原寄主的选择能力远强于水稻种群。

综合目前对二化螟水稻种群和茭白种群的比较研究结果，我们认为：二化螟已出现种下分化的迹象；扩种茭白不会加重水稻二化螟的为害。当然，要充分证实上述结论，还需进行更详尽更全面的研究。

致谢　中国农业科学院植物保护研究所提供北京茭白二化螟种群虫源，江西农业大学农学院植物保护专业 2000 级罗达颖、张超群，2001 级廖文娟、李胜华、吴少会等学生参与了部分实验，特此表示感谢。

参 考 文 献（References）

Ali MA，EI-Sacady AA，1981. Influence of temperature，photoperiod and host plant on the bionomics of the melon ladybird *Epilachna chrysomelina*（F.）（Coleoptera：Coccinellidae）. *Z. Angew. Ent.*，91（3）：256 – 262.

Dai HG，Sun LJ，Wang Q，2003. Comparing study on oviposition preference and host-selecting behavior of larvae of rice and water-oat population of rice stem borer，*Chilo suppressalis*. *Chinese Journal of Applied Ecology*，14（5）：741 – 743.［戴华国，孙丽娟，王琴，2003. 二化螟水稻种群和茭白种群成虫产卵与幼虫寄主选择行为的比较研究. 应用生态学报，14（5）：741 – 743］

Danks，HV，1987. Insect Dormancy：an Ecological Perspective. Biological Survey of Canada（Terrestrial Arthropods）. Vol. 1. Ottowa. 114 – 122.

Gong HF，Chen P，Wang R，Lian ML，Xia ZH，Yan Y，1984. The influence of photoperiod and temperature on the diapause of the Asian corn borer *Ostrinia furnacalis*（Guenée）. *Acta Entomologica Sinica*，27（3）：280 – 286.［弓惠芬，陈霈，王瑞，连梅力，夏志红，阎毅，1984. 光周期和温度对亚洲玉米螟滞育形成的影响. 昆虫学报，27（3）：280 – 286］

Hare JD，1983. Seasonal variation in plant-insect associations：utilization of *Solanum dulcamara* by *Leptinotarsa decemlineata*. *Ecology*，64（2）：345 – 361.

Hunter MD，McNeil JN，1997. Host-plant quality influences diapause and voltinism in a polyphagous insect herbivore. *Ecology*，78：977 – 986.

Konno Y，Tanaka F，1996a. Mating time of the rice-feeding and water-oat-feeding strains of the rice stem borer *Chilo suppressalis*（Walker）（Lepidoptera：Pyralidae）. *J. Appl. Entomol. Zool.*，40：245 – 247.

Konno Y，Tanaka F，1996b. Aliesterase isozymes and insecticide susceptibility in rice-feeding and water-oat-feeding strains of the rice stem borer，*Chilo suppressalis* Walker（Lepidoptera：Pyralidae）. *Appl. Entomol. Zool.*，31（2）：326 – 329.

Meng FX，Wu KM，Gao XW，2003. Evaluation of few-flower wildrice，chufa and rice as foods for rearing the striped stem borer，*Chilo suppressalis*. *Entomological Knowledge*，40（5）：469 – 472.［孟凤霞，吴孔明，高希武，2003. 利用茭白、荸荠及水稻饲养二化螟的技术研究，昆虫知识，40（5）：469 – 472］

Saunders DS，2002. Insect Clocks（3rd ed.）. Oxford，Elsevier. 299 – 339.

Shen RW，Xue FS，1988. A study on diapause in the rice stem borer *Chilo suppressalis* Walker. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*，10（35）：25 – 31.［沈荣武，薛芳森，1988. 二化螟滞育的研究，江西农业大学学报，10（35）：25 – 31］

Sun LJ，Dai HG，Yi WX，Lu YQ，2002. The adult emergence rhythm and mating rhythm of rice host population and water-oat host population of the rice stem borer，*Chilo suppressalis*. *Entomological Knowledge*，39（6）：421 – 423.［孙丽娟，戴华国，衣维贤，陆永钦，2002. 二化螟水稻种群与茭白种群成虫羽化节律和交配节律的研究. 昆虫知识，39（6）：421 – 423］

Takamyia M，1974. Studies on temperature and photoperiodic conditions on the larval growth of the silkworm，*Bombyx mori* L.，fed on artificial diet. Ⅱ. Effects of temperature and photoperiod throughout the larval stages on the moltinism and voltinism. *J. Seric. Sci.*，*Tokyo*，43（1）：35 – 40（In Japanese with English summary）.

Tauber MJ，Tauber CA，Masaki S，1986. Seasonal Adaptations of Insects. Oxford University Press，New York and Oxford. 135 – 151.

Wang XP，Xue FS，Hua A，You LS，2004. Influences of food on insect diapause and post-diapause development. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*，26（1）：10 – 16.［王小平，薛芳森，华爱，游兰韶，2004. 食料因子对昆虫滞育及滞育后发育的影响. 江西农业大学学报，26（1）：10 – 16］

Yokoyama S，Takasaki T，Fujiyoshi N，1972. Ecology of the rice stem borer in *Zizania latifolia*. *Res. Rep. Fukuoka Agric. Exp. Stat.*，10：63 – 65.

Yoshitake K，1994. The distribution and damage of the rice stem borer，*Chilo suppressalis*（Walker）in Kyushu District. *Plant Protection*，48（2）：71 – 74（in Japanese）.

Yu XP，Xu HX，Lu ZX，Chen JM，Zheng XS，Tao LY，2002. Differentiation of striped stem borer（SSB），*Chilo suppressalis* Walker from rice and *Zizania caduciflora* habitats. *Acta Ecologica Sinica*，22（3）：341 – 345.［俞晓平，徐红星，吕仲贤，陈建明，郑许松，陶林勇，2002. 水稻田和茭白田二化螟的比较研究. 生态学报，22（3）：341 – 345］

Zhang J，2004. Studies on the Adaptability to Hosts，Temperature and Photoperiod of Rice Stem Borer，*Chilo suppressalis*（Walker）from Different Latitudes. MSc Thesis，Jiangxi Agricultural University. 25 – 32.［张珺，2004. 不同地理种群二化螟对寄主、温度和光周期适应性的研究. 江西农业大学硕士学位论文. 25 – 32］

（责任编辑：袁德成）